リュックサック使用が立位姿勢の運動学・ 運動力学的変化に及ぼす影響

——若年者と高齢者を対象として——

*Effects of Backpack Use on the Kinematics and Kinetics of the Standing Posture
of Young and Elderly People*

直井 俊祐¹⁾ 勝平 純司²⁾ 丸山 仁司³⁾

SHUNSUKE NAOI¹⁾, JUNJI KATSUHIRA²⁾, HITOSHI MARUYAMA³⁾

¹⁾ Department of Rehabilitation, Takekawa hospital: 2-19-1 Sakuragawa, Itabashi-ku, Tokyo 174-0075, Japan.
TEL+81 3-6413-1300 E-mail: kurukuru_shun@hotmail.co.jp

²⁾ Department of Physical Therapy, School of Nursing and Rehabilitation Sciences at Odawara, International University of Health and Welfare

³⁾ Department of Physical Therapy, School of Health Science, International University of Health and Welfare

Rigakuryoho Kagaku 29(4): 539-542, 2014. Submitted Dec. 27, 2013. Accepted Feb. 20, 2014.

ABSTRACT: [Purpose] The purpose of this study was to examine the kinetic and kinematic effects of wearing a backpack with different loads on the standing posture. [Subjects] Sixteen healthy young and 8 healthy elderly subjects participated in this study. [Methods] We measured the standing posture using a three-dimensional motion analysis system and force plates, and compared kinetic and kinematic changes among three different conditions: without a backpack, with a backpack of 5% of body weight (BW) and with 15% of BW. [Results] Lumbar flexion moment and pelvic forward tilt angle significantly increased with increase of weight of the backpack in both subject groups. Hip flexion moment significantly increased in the young subjects and tended to increase in the elderly subjects. [Conclusion] Increase of the weight of the back pack decreased the low back load and this phenomena was observed in both subject groups.

Key words: backpack, static standing, postural analysis

要旨:〔目的〕リュックサックの有無および重量の違いが立位姿勢に及ぼす影響を運動学・運動力学的に明らかにすることとした。〔対象〕健康若年群 16 名と健康高齢群 8 名とした。〔方法〕三次元動作解析装置と床反力計を用いて立位姿勢の計測を行い、リュックサック重量の増減に対する変化を群間ごとに比較した。〔結果〕リュックサックの重量増加に伴い、骨盤前傾角度と腰部屈曲モーメントが両群とも有意に増加した。股関節屈曲モーメントは若年群で有意に増加し、高齢群で有意でないものの増加傾向を示した。〔結語〕リュックサックの重量増加により腰背部の負担が軽減される現象は若年者と高齢者で共にみられた。

キーワード: リュックサック, 立位, 姿勢分析

¹⁾ 竹川病院 リハビリテーション部: 東京都板橋区桜川 2-19-1 (〒174-0075) TEL 03-6413-1300

²⁾ 国際医療福祉大学 小田原保健医療学部 理学療法学科

³⁾ 国際医療福祉大学 保健医療学部 理学療法学科

I. はじめに

リュックサック（以下リュック）を用いる運搬動作は、手提げ、ショルダーバッグなどによる方法の中で最も運動強度が低く¹⁻³⁾、低負荷であれば脊柱後弯者に対する姿勢矯正と腰痛軽減効果をもつことが報告されている⁴⁻⁶⁾。したがって、リュックが荷物運搬に適しているといえるが、関節の保護の観点からは、重量の違いによる脊柱や下肢関節への影響を考慮することは重要である。老化による姿勢変化の特徴として円背や腰椎の後弯が挙げられ⁷⁾、高齢者における骨盤後傾などの身体アライメント変化は、姿勢調節能力に悪影響を及ぼし歩行やバランス能力の低下に関与することが示唆されている^{8,9)}。そのため、加齢により負荷を補う関節の役割が変化することが考えられる。

立位姿勢でのリュック使用による腰部負担の変化に関する研究は、筋電図による腰部の筋活動のみを指標としており¹⁰⁾、実質的な腰部負担の程度を示すことができる腰部モーメントを用いた報告はなされていない。これまで筋活動の分析には筋電位計測が行われてきたが、筋電位計測では定量的な解析が困難である。定量的に推定する方法の一つである腰部モーメントを指標とすることで、関節モーメントを手がかりとしてリュック使用に伴う立位姿勢への影響と生体への負担について定量的な解析が可能であると考えた。

そこで、本研究では健常若年者と高齢者それぞれを対象とし、立位姿勢におけるリュックの有無および重量の違いが腰部に与える運動学および運動力学的な影響を検討することを目的とした。

II. 対象と方法

1. 対象

対象は、腰痛などの整形外科疾患を有していない健常若年者16名（男性8名、女性8名）と健常高齢男性8名とした。若年者（以下、若年群）の年齢は 26.0 ± 3.1 歳、身長 167.4 ± 8.1 cm、体重 61.3 ± 11.4 kgであった。高齢者（以下、高齢群）の年齢は 67.3 ± 6.6 歳、身長 162.9 ± 8.3 cm、体重 63.5 ± 8.0 kg（平均値 $\pm$ 標準偏差）であった。すべての対象者には予め本研究の目的・内容・リスクを十分に説明し、書面による同意を得た後に計測を行った。なお、本研究は、国際医療福祉大学倫理委員会の承認を得て実施した（承認番号11-137）。

2. 方法

関節座標位置の計測には、三次元動作解析装置VICON MX（MOTION SYSTEMS社製）、サンプリング周波数100 Hzの赤外線カメラ10台、床反力計（AMTI社製）2枚を用いた。勝平らの先行研究¹¹⁾を参考に、

直径14 mmの赤外線反射マーカークを合計39個貼付した。貼付位置は頭頂、胸骨癒切痕、胸骨柄直下、第7頸椎棘突起、第5腰椎棘突起と、左右両側の外耳孔上方、肩峰、上腕骨外側上顆、尺骨茎状突起、上前腸骨棘、上後腸骨棘、腸骨稜、股関節部（大転子中央と上前腸骨棘を結ぶ線上で大転子から1/3の点）、大腿中央（股関節部と膝関節部内側の中点）、膝関節部内側・外側（膝関節裂隙の高さで膝蓋骨を除く前後径の中点）、下腿中央（膝関節部内側と足関節内果の中点）、足関節内果・外果、第一中足趾距関節、第五中足趾距関節、踵骨とした。

計測条件は、リュックなし、リュックを使用し被験者体重の5%負荷、15%負荷の3つとした。課題姿勢は、解剖学的立位肢位にて、2枚の床反力計に跨ぎ、10秒間静止することとして、これを教示した。測定は、無作為な順で設定される3つの条件のそれぞれについて3回ずつ行った。リュックはACE社製ビジネス用リュック40 cm $\times$ 33 cmを、重量の調整には重錘を使用した。

データ解析は三次元動作解析装置計測用ソフトウェアVICON Nexus1.71（VICON社製）によって得られるデータを、VICON Body Builder（VICON社製）と三次元動作解析ソフトウェアVisual3D ver.4（C-Motion社）を用い作成した解析用プログラムにより解析した。ただし、リュックを背負う際に妨げとなる第5腰椎棘突起のマーカークは、静止立位時のデータをもとに仮想マーカークとして補い、その位置を再計算した。腰部関節モーメントの算出方法については、勝平らにより報告されている方法に従った¹¹⁾。腰椎の圧縮力と腰部モーメントの大きさとの関連が報告されていることから¹²⁾、本研究の操作的定義として、腰部モーメントを腰部負担として選択した。解析対象とする指標は、体幹および骨盤の関節角度、腰部・左下肢三関節の関節モーメントとした。これらの指標は、5秒間の平均として抽出された値の3回分の平均を求めた。さらにリュックなしの値を基準値0と定め、5%負荷と15%負荷の値をこの基準に対する相対値として正規化した。

統計学的処理において、各条件における解析指標に対して、若年群では一元配置分散分析反復測定法とその後、多重比較検定（Bonferroni法）、高齢群では、Friedman検定とその後、多重比較検定（Steel-Dwass法）によって群間で比較した。統計解析ソフトウェアにはJSTAT13.0 for Windowsを用い、すべての検定における有意水準は5%未満とした。

III. 結果

関節角度をみると、若年群では、骨盤前傾角度がリュックなしと比べ5%負荷と15%負荷で有意に増加した。また、体幹角度は条件間での有意差は示されなかった。高齢群では、骨盤前後傾角度がリュックなしと

表 1 若年群と高齢群における異なる荷重負荷での関節角度

	若年群		高齢群	
	5% 負荷	15% 負荷	5% 負荷	15% 負荷
骨盤前傾 (°)	1.8 ± 2.3 ^a	2.4 ± 2.0 ^b	2.7 ± 2.4	4.7 ± 5.0 ^b
体幹伸展 (°)	1.2 ± 3.7	0.6 ± 4.4	0.25 ± 1.3	1.0 ± 1.3

リュックなしは基準値「0」のため未表示とする。

平均値 ± 標準偏差, 以下のアルファベットは各条件間での有意差 ($p < 0.05$) を示す。

a: リュックなしと 5% 負荷間, b: リュックなしと 15% 負荷間, c: 5% 負荷と 15% 負荷間

表 2 若年群と高齢群における異なる荷重負荷での関節モーメント

	若年群		高齢群	
	5% 負荷	15% 負荷	5% 負荷	15% 負荷
腰部屈曲 (Nm/kg)	0.05 ± 0.04 ^a	0.15 ± 0.17 ^{bc}	0.05 ± 0.05	0.10 ± 0.10 ^b
股関節屈曲 (Nm/kg)	0.03 ± 0.01 ^a	0.08 ± 0.02 ^{bc}	0.02 ± 0.02	0.03 ± 0.03
膝関節伸展 (Nm/kg)	0.004 ± 0.02	0.01 ± 0.03	0.004 ± 0.03	0.01 ± 0.03
足関節底屈 (Nm/kg)	0.001 ± 0.03	0.03 ± 0.06	0.005 ± 0.03	0.01 ± 0.04

リュックなしは基準値「0」のため未表示とする。

平均値 ± 標準偏差, 以下のアルファベットは各条件間での有意差 ($p < 0.05$) を示す。

a: リュックなしと 5% 負荷間, b: リュックなしと 15% 負荷間, c: 5% 負荷と 15% 負荷間

比べ 15% 負荷で有意に前傾へ増加した。また、体幹角度は条件間での有意差は示されなかった (表 1)。

関節モーメントをみると、若年群では、腰部屈曲モーメントと股関節屈曲モーメントが全条件間で有意に増加した。高齢群では、腰部屈曲モーメントがリュックなしと比べ 15% 負荷で有意に増加した。また、若年者で全条件間に有意差を示した股関節屈曲モーメントは、高齢群でも同様の傾向を示したが、有意ではなかった (表 2)。

IV. 考察

本研究結果から、若年群と高齢群に共通してリュックの有無および重量の違いにより骨盤前傾角度増加、腰部屈曲モーメント増加に有意差が認められた。また、若年群は股関節屈曲モーメント増加に有意差が認められ、高齢群では有意でないものの同様の傾向を示した。

勝平らは、立位では体幹 (頭部, 両上肢, 骨盤を含まない上部体幹) の重心にかかる重力ベクトルが腰部関節中心の前方を通過するため、脊柱起立筋などによる腰部伸展モーメントが必要となると述べている¹³⁾。リュック使用時にはリュックと体幹の重心 (以下 R 体幹重心) が腰部関節中心に近づくことにより、腰部伸展モーメントが減少することが予想された。しかし、本研究結果では、リュック使用時の重量の増加で体幹角度が変化せず、両群で腰部屈曲モーメントが増加していた。これは、体幹角度の変化なく R 体幹重心が後方へ移動することで、

R 体幹重心にかかる重力ベクトルが腰部関節中心の後方を通過することになり、それが腹直筋などの体幹前面筋による等尺性の腰部屈曲モーメントの増大に寄与したと考えられる。さらに、R 体幹重心が後方へ移動するため、床反力作用点の直上に存在する身体重心も後方へ変位し、床反力ベクトルが股関節後方を離れて通過することにより股関節屈曲モーメントが増加したと考えられる。Neumann DA らによると、腸腰筋は骨盤を前傾し、腰椎骨盤リズムにより間接的に腰椎の前弯を増大させる働きがある¹⁴⁾。腸腰筋などによる股関節屈曲モーメントが、骨盤の前傾角度を増加させたと考えられる。

以上から、リュック重量が増加することで加わる身体負荷が、両群で、腰部にかかる負担と姿勢を同様に変化させ、腰部負担を軽減させることが示された。高齢者に特徴的な骨盤後傾姿勢は腹筋群の筋活動を減少させやすい姿勢である¹⁵⁾ことから、日常生活で活動が得られにくい体幹前面筋の使用と腸腰筋などによる股関節屈筋群の促進による骨盤前傾角度増加はリュック使用のポジティブな効果として考えられる。しかし、体重の 15% 負荷は、リュック重量の増加に伴う一定の姿勢の保持と腰部モーメントの増加につながるため、腰部へのリスクという点から避けるべきである。今回得られた知見は、高齢者や腰部に障害のある患者に運搬動作指導を行う際に役立つ有用な情報である。

本研究の限界として、骨盤部にリュックが接触すると左右上後腸骨棘のマーカーに接触し、腰部モーメントが正しく算出できなくなることから骨盤に接しないタイプ

のリュックのみを使用したことが挙げられる。また、実際に筋電図で筋活動の影響をみていないため、今後は腰部モーメントに対する腹筋と背筋の影響を検証する必要がある。

引用文献

- 1) 福島香代子：荷物負荷部位の相違による歩行エネルギー消費量の変化。運動生理, 1987, 2(1): 39-41.
- 2) 山田太智：荷物の運搬方法と酸素需要量の変化。山形理学療法学, 2006, 3: 25-28.
- 3) 田中貴子, 北川知佳, 朝井政治・他：荷物運搬方法の相違による歩行時エネルギー消費と換気機能の変化。長崎大学医療技術短期大学部紀要, 1994, 7(3): 129-132.
- 4) 田中清和, 阿久根徹, 下井優一：脊柱後弯変形に対するリュックサック型体幹装具の効果—骨粗野症による胸腰椎圧迫骨折症例への使用経験—。リハビリテーション医学, 2000, 37(2): 106-109.
- 5) 佐藤貴一, 白戸 修：脊椎疾患の装具療法。日本義肢装具学会誌特集, 2003, 19(3): 197-204.
- 6) 齊藤文則, 白戸 修：高齢者の腰痛。痛みと臨床, 2005, 5(1): 73-78.
- 7) 丸山仁司：老人の評価。理学療法科学, 1997, 12(3): 141-147.
- 8) 久保 晃：高齢者の身体アライメントと転倒。理学療法, 2001, 18(9): 865-868.
- 9) Ishigaki N, Kimura T, Usui Y, et al.: Analysis of pelvic movement in the elderly during walking using a posture monitoring system equipped with a triaxial accelerometer and a gyroscope. J Biomech, 2011, 44(9): 1788-1792.
- 10) Al-Khabbaz YS, Shimada T, Hasegawa M, et al.: The effect of backpack heaviness on trunk-lower extremity muscle activities and trunk posture. Gait Posture, 2008, 28(2): 297-302.
- 11) 勝平純司, 山本澄子, 丸山仁司・他：階段およびスロープ昇降時の関節モーメントの分析。バイオメカニズム, 2004, 17(8): 99-109.
- 12) 山崎信寿, 山本真路, 井上剛伸：移乗介助動作の計測と腰部負担の評価。バイオメカニズム, 2002, 16(6): 195-205.
- 13) 勝平純司, 山本澄子, 江原義弘・他：介助にいかすバイオメカニクス。医学書院, 東京, 2011, pp20-21.
- 14) Neumann DA：筋骨格系のキネシオロジー。嶋田智明, 平田総一郎（監訳）, 医歯薬出版, 東京, 2007, pp314-318, p346, p432.
- 15) Snijders CJ, Ribbers MT, de Bakker HV, et al.: EMG recordings of abdominal and back muscles in various standing postures: validation of a biomechanical model on sacroiliac joint stability. J Electromyogr Kinesiol. 1998, 8(4): 205-214.